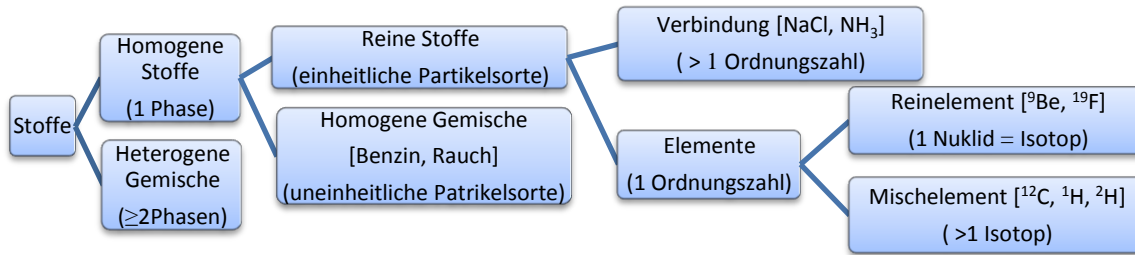


CHEMIE FÜR INGENIEURE

Aufbau der Materie

Stofflehre

Stoffeinteilung



Heterogene Gemische

| | Hauptbestandteil | | |
|---------|---|--|--|
| | fest | flüssig | gasförmig |
| fest | Gemenge (Granit, Sand) {Sortieren, Sieben, Extraktion} | Suspension (Farbe, Schlamm) {Sedimentation, Zentrifugieren, Filtrieren} | Aerosol (Rauch) {Sedimentieren, elektrostatische Trennung} |
| flüssig | Kolloide , Gele nano (Schmiermittel) {Verdampfen} Thyndall-Effekt | Emulsion (Milch, Kosmetika) {Zentrifugieren, Trennung mit Scheidetrichter} | Aerosol (Nebel, Schaum) {Sedimentieren} |

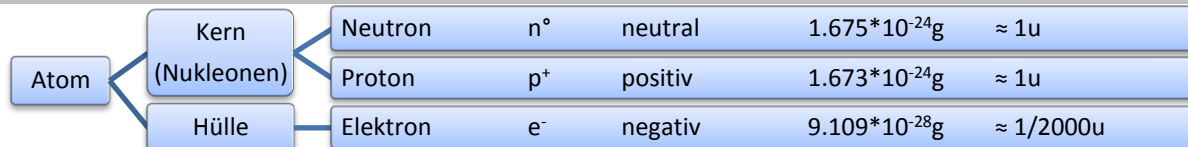
Physikalische Trennverfahren

Heterogene Gemische

Homogene Gemische

| | |
|---|--|
| Extrahieren: Herauslösen einer Phase mit Hilfe einer Flüssigkeit | |
| Sortieren: Größe, Farbe, Dichte oder Magnetismus | Kristallisation: unterschiedliche Löslichkeit |
| Sedimentieren und Dekantieren: Absetzen der festen Phase | Destillation: unterschiedliche Siedepunkt |
| Filtrieren: feinporigen Filter | |
| Abdampfen: Verdampfen der flüssigen Phase | |

Atomaufbau & Atommodelle



| | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|--|
| ${}^M_Z \text{Element}_n^x$ | Massenzahl | M | = Nukleonenzahl (p^+ und n^0) |
| | Ordnungszahl | Z | = Kernladungszahl (p^+ , bzw. e^-) |
| | Anzahl der Atome | n | |
| | Ionenladung | x | = Oxidationszahl (+ oder -) |

Radioaktivität

| | | |
|-----------|---|-------------------------------|
| Vorkommen | „ungünstiges“ Verhältnis von p^+ und n^0 im Kern (${}^3\text{Tritium}$) | Ordnungszahl ab 84 (Polonium) |
|-----------|---|-------------------------------|

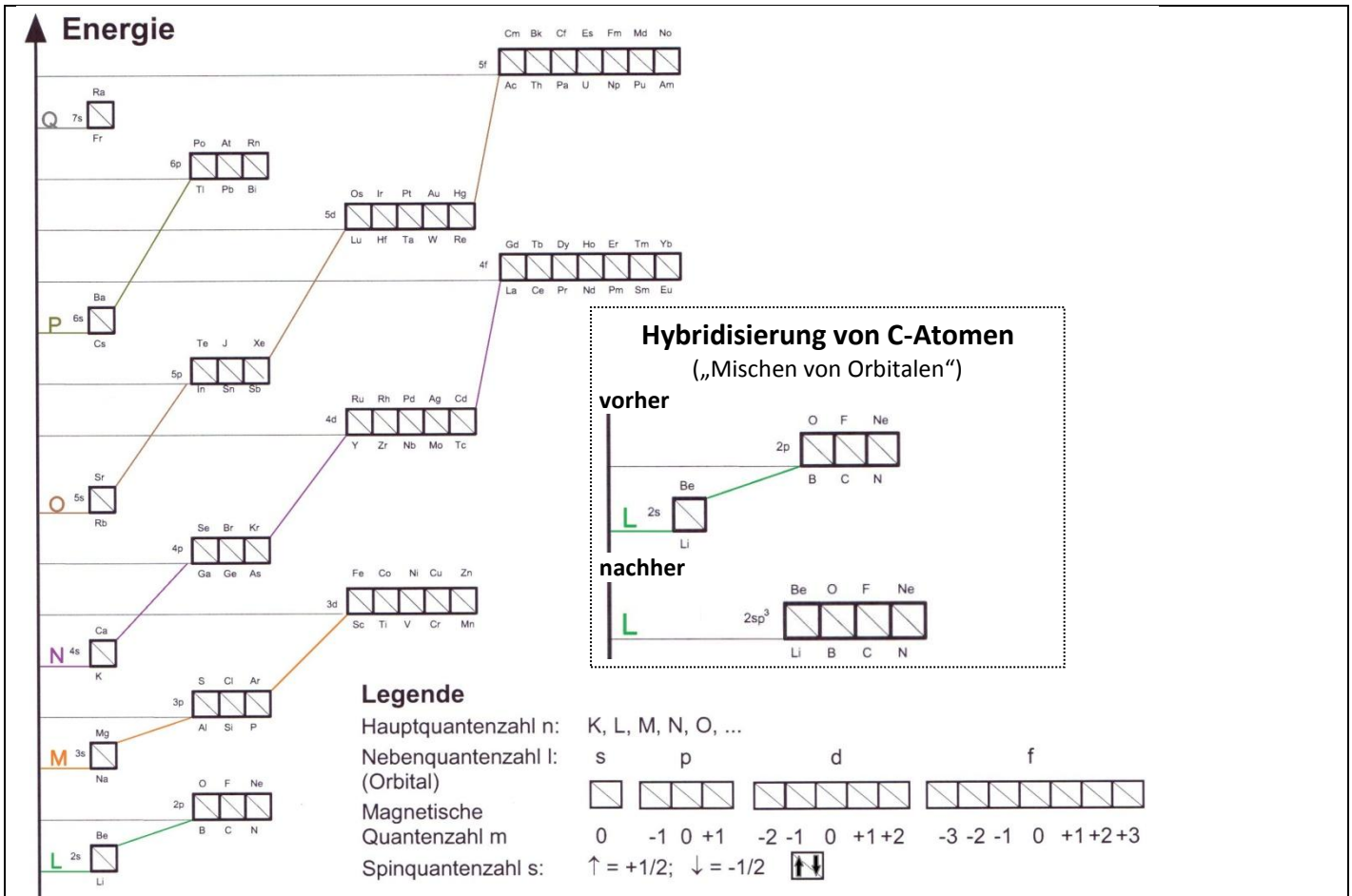
Strahlungsarten

| | |
|---------------------|--|
| α -Strahlung | Atomzerfall durch Abspaltung von ${}^4_2\text{He}^{++}$ – <i>Kernen</i> bis zum Polonium |
| β -Strahlung | Abspaltung eines Elektrons aus einem Neutron → Bildung eines neuen Protons |
| γ -Strahlung | Energieintensive Röntgenstrahlung (Licht); Starke Durchdringung der Materie |

Bohr'sches Atommodell

| Schale (Energistufe) | max. Elektronenzahl Formel: $2n^2$ | Orbitale (je $2e^-$) | Bohr'sches Atommodell | Energistufenmodell (Beispiel Na) |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Q | 2 | 1s | | |
| P | 8 | 1s, 3p | | |
| O | 18 | 1s, 3p, 5d | | |
| N | 32 | 1s, 3p, 5d, 7f | | |
| M | 50 | | | |
| L | 72 | | | |
| K | 98 | | | |

Wellenmechanisches Atommodell



Regeln:

Energieprinzip: Jedes Elektron versucht den energieärmsten Zustand einzunehmen.

Pauli-Prinzip: In einem Atom können zwei e^- in ihren Quantenzahlen n, l, m und s nie völlig übereinstimmen.

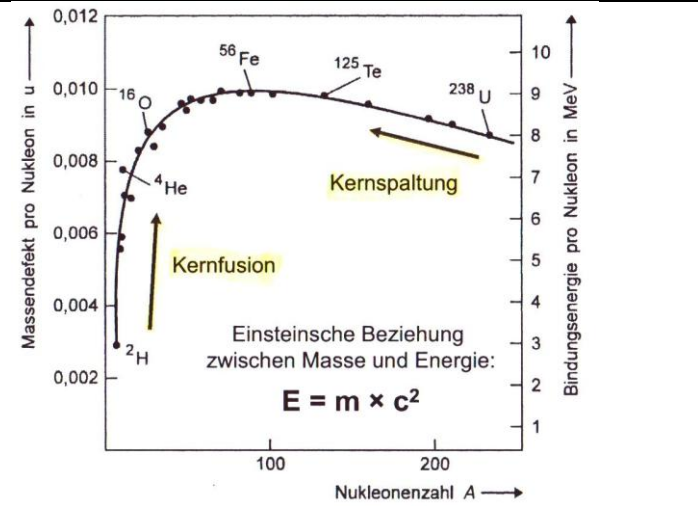
Hund'sche Regel: Jede Orbitalsorte mit definierter Quantenzahlkombination n, l, m strebt zuerst die Halbbesetzung mit parallelem Spin ($s=s+1/2$) an.

Elektronenkonfiguration (bestimmt Eigenschaftsbild)

| | | | |
|----|---|--------|---|
| Na | $[Ne]3s^1$ $\langle [He]2s^2 2p^6 \rangle 3s^1$ $\langle 1s^2 \rangle 2s^2 2p^6 3s^1$ | $3s^1$ | 3 = Schalennummer s = Orbitaltyp 1 = Anzahl e^- |
|----|---|--------|---|

PSE (Periodensystem der Elemente)

Massendefekt (Die Masse des Kern ist geringer als die Masse seiner Kernbausteine.)



Beim Zusammenschluss von p^+ und n^0 zu einem Kern wird ein kleiner Teil in Energie verwandelt.

Nutzung:

- Leichte Kerne verschmelzen (Kernfusion):
 - Sonne, Fusionsreaktor, Wasserstoffbombe
- Schwere Kerne spalten (Kernspaltung):
 - Kernkraftwerke, Atombombe

Oktettregel – Edelgasregel

Das Bestreben, eine Elektronenkonfiguration mit 8 Elektronen in der äussersten Schale einzunehmen.

Stoffmenge [mol]

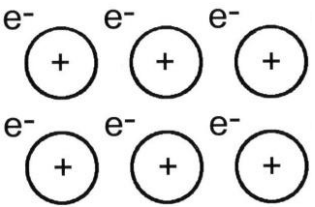
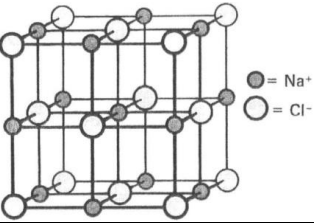
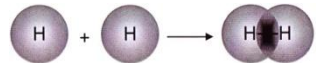
| | | | | |
|---|--------------------|-----------|------------------------------|-----------------------------------|
| $Anzahl(X) = n(X) * N_A$ $n(X) = \frac{m(X)}{Mw(X)}$ | Relative Atommasse | m^{rel} | [u] (unit) | $1u = 1.66 * 10^{-24} g$ |
| | Stoffmenge | n | [mol] | |
| | molare Masse | Mw | $\left[\frac{g}{mol}\right]$ | aus PSE |
| | Masse | m | [g] | |
| | Avogadro-Konstante | N_A | [] | $1mol = 6.022 * 10^{23}$ Teilchen |

Chemische Bindung

Beispiel

| Stoff | Ethanol C_2H_5OH | Dimethyleter CH_3OCH_3 |
|----------------------------|---------------------|--------------------------|
| Elektronen | 26 | 26 |
| → Van der Waals-Kräfte | gleich | gleich |
| Elektronenverschiebung | | |
| → Ladungsverteilung | unsymmetrisch | unsymmetrisch |
| → Polarität | polar | polar |
| → Dipol-/Dipol-Kräfte | ja | ja |
| Aktive und passive Stellen | 1 aktive; 2 passive | 0 aktive; 2 passive |
| → H-Brücken | 3 | 0 |
| Siedepunkt | höher | tiefer |

Chemische Bindungen

| | | Metallbindung | Ionenbindung | Kovalente Bindung = Atombindung= e ⁻ paarbindung | | |
|----------------------|---|--|--|---|---|---|
| Elemente | | Metall-Metall | Metall – Nichtmetall | Nichtmetall-Nichtmetall | | |
| Beispiele | | Metalle (Legierungen) | Salze (NaCl, MgO) | Moleküle (CO ₂ , H ₂ O) | | |
| Struktur | Modell | Elektronengas-Modell  | Kristallgitter  | Lewis-Strichformel H · + · H → H – H | | |
| | | | | Molekül-Orbital-Theorie  | | |
| | Bausteine | Atomrumpf | Anionen + Kationen | Moleküle | | |
| | Gitterkräfte | e ⁻ | elektrostatische Anziehung | Nebenbindungen | | |
| | Bindungskräfte | normal Legierungen Kupfer & Zinn → Bronze Kupfer & Zink → Messing Quecksilberverb. → Amalgame | stark Metall + NMe → Kation + Anion 2 Na + Cl ₂ → 2 Na ⁺ Cl ⁻ Na • + •Cl → Na ⁺ Cl ⁻ elektrostatische Kraft $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$ Energie $E = c * \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$ Ladungen elektr. Feldkonstante im Vakuum: $8.85 * 10^{-12} \frac{As}{Nm^2}$ Konstante: $8.988 * 10^9 \frac{Jm}{As^2}$ | schwach Van der Waals-Kräfte (schwach) Dipol-Dipol-Kräfte (mittel) Wasserstoffbrücken (stark) | liegen immer vor mehr e ⁻ , m oder A →mehr V.d.W | 1. Molekülanordnung 2. EN mit δ- und (höhere EN = δ-) 3. D./D.-Kräfte unpolar: ΔEN < 0.5 polar: ΔEN ≥ 0.5 |
| Eigenschaften | Löslichkeit (Aufbrechen des Gitters) | keine | 2 Kriterien: Lösungsmittel = starker Dipol, min. 1 Ionenart einfach geladen ->Coulomb AK _f → A ⁻ _g + K ⁺ _g → A ⁻ _{aq} + K ⁺ _{aq} | 10kJ/mol | 20kJ/mol | 50kJ/mol |
| | elektrische Leitfähigkeit | gut, frei bewegliche e ⁻ < bei Erwärmung (Schwing.) | im flüssigen Zustand leitfähig eher schlechter elektr. Leiter | Nichtleiter | kaum elektr. Leiter | |
| | Verformbarkeit | gut besser je weniger e ⁻ | hart, spröde bei Schlag (da sich + zu + begibt -> Abstossung) | sehr weich | weich | |
| | Dichte | hoch | | sehr hart | | |
| | Siedepunkt | relativ hoch | hoher Schmelzpunkt | niedr. Schmelzpunkt | niedr. Schmelzpunkt | |
| | | | sehr hoher Schmelzpunkt | | | |

Chemische Formeln

Oxidation

| | | |
|----------------|--|---|
| Begriff | Abspaltung von Elektronen aus Molekülen; Chemische Reaktion mit Sauerstoff zu Verbindungen | |
| Regeln | Ne^0 Cl^- S^{3+} | <ul style="list-style-type: none"> Hauptgruppe entspricht meist der Oxidationszahl Elemente, Verbindungen immer = 0 Wasserstoff +1,-1 |
| | $Li^+ Cl^{VII} O_4^{-II}$ $C^{+IV} Cl_4^{-I}$ | <ul style="list-style-type: none"> Elektronegativeres Atom ist negativ geladen Elemente aus der Mitte einer Verbindung werden durch Bilanzieren ermittelt |

Nomenklatur

| anorganische Salze | | Moleküle | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--------|------|-------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|
| Kationen: bei Übergangsmetalle Oxidationszahl eingeben Ausnahme: Ammonium NH_4^+ z.B. Cu^+ Kupfer(I)-Ion Cu^{2+} Kupfer(II)-Ion Fe^{3+} Eisen(III)-Ion Anionen: einatomig (-id) N^{3-} Nitrid-Ion O^{2-} Oxid-Ion S^{2-} Sulfid-Ion F^- Fluorid-Ion Cl^- Chlorid-Ion Br^- Bromid-Ion I^- Iodid-Ion | Anionen: (einige) mehratomig (-id) OH^- Hydroxid-Ion $C \equiv N^-$ Cyanid-Ion $S - C \equiv N^-$ Rhodanid-Ion Sauerstoffsäuren (kleine Oxidz. -at/grosse -it) CO_3^{2-} Carbonat-Ion NO_3^- Nitrat-Ion NO_2^- Nitrit-Ion PO_4^{3-} Phosphat-Ion SO_4^{2-} Sulfat-Ion $H_3C - COO^-$ Acetat-Ion ClO_4^- Perchlorat-Ion | Wasserstoffverb. (Anionen) mit Nichtmetallen HF Hydrogenfluorid HCl Hydrogenchlorid HCN Hydrogencyanid Sauerstoffhaltige-verb. H_2CO_3 Kohlensäure HNO_3 Salpetersäure H_3PO_4 Phosphorsäure H_2SO_4 Schwefelsäure $HClO_4$ Perchlorsäure $H_3C - COOH$ Essigsäure Salze $NaCl$ Natriumchlorid MgO Magnesiumoxid $LiOH$ Lithiumhydroxid $CaCl_2$ Kalziumchlorid | | | | | | | | | | |
| | | CO Kohlenstoffmonoxid CO ₂ Kohlenstoffdioxid SO ₂ Schwefeldioxid SO ₃ Schwefeltrioxid <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>1=mono</td></tr> <tr><td>2=di</td></tr> <tr><td>3=tri</td></tr> <tr><td>4=tetra</td></tr> <tr><td>5=penta</td></tr> <tr><td>6=hexa</td></tr> <tr><td>7=hepta</td></tr> <tr><td>8=octa</td></tr> <tr><td>9=nona</td></tr> <tr><td>10=deka</td></tr> </table> | 1=mono | 2=di | 3=tri | 4=tetra | 5=penta | 6=hexa | 7=hepta | 8=octa | 9=nona | 10=deka |
| 1=mono | | | | | | | | | | | | |
| 2=di | | | | | | | | | | | | |
| 3=tri | | | | | | | | | | | | |
| 4=tetra | | | | | | | | | | | | |
| 5=penta | | | | | | | | | | | | |
| 6=hexa | | | | | | | | | | | | |
| 7=hepta | | | | | | | | | | | | |
| 8=octa | | | | | | | | | | | | |
| 9=nona | | | | | | | | | | | | |
| 10=deka | | | | | | | | | | | | |

Stöchiometrie

| | | | | |
|-------------------------|--------------|----------------------|-------|--|
| $C_{(f)} + O_{2(g)}$ | → | $CO_{2(g)}$ | | |
| Ausgangsstoffe (Edukte) | reagieren zu | Endstoffe (Produkte) | g | gasförmiger Stoff |
| | | | fl, l | flüssiger Stoff (liquid) |
| | | | f, s | Festkörper (solid) |
| | | | aq | in Wasser gelöster Stoff (aquatisiert) |

Es gehen keine Atome und Masse „verloren“. Koeffizienten müssen ganzzahlig sein.

Aggregatzustände der Materie

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|---------------------------|-----------------|--------------------|-------------|---------|---------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------|--|
| | grosser Abstand fast keine Anziehung verteilt sich im Raum | Gasgleichung $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ | <table border="1"> <tr> <td>p</td> <td>Druck</td> <td>$Pa = 10^{-5} bar$</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Volumen</td> <td>m^3</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>Gaskonst</td> <td>$8.314 \frac{J}{mol \cdot K}$</td> </tr> </table> | p | Druck | $Pa = 10^{-5} bar$ | V | Volumen | m^3 | R | Gaskonst | $8.314 \frac{J}{mol \cdot K}$ | | |
| | p | Druck | $Pa = 10^{-5} bar$ | | | | | | | | | | | |
| | V | Volumen | m^3 | | | | | | | | | | | |
| | R | Gaskonst | $8.314 \frac{J}{mol \cdot K}$ | | | | | | | | | | | |
| kleiner Abstand geringe Anziehung leicht teilbar leicht verformbar | Viskosität: Mass für die Dickflüssigkeit | Stoffmengenkonzentration $c(X)$ $c(X) = \frac{n(X)}{V_{Lösung}}$ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>$n(X)$</td> <td>Stoffmenge</td> <td>$\frac{mol}{l}$</td> </tr> <tr> <td>$V_{Lösung}$</td> <td>Volumen</td> <td>mol</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>l</td> </tr> </table> | $n(X)$ | Stoffmenge | $\frac{mol}{l}$ | $V_{Lösung}$ | Volumen | mol | | | l | | | |
| $n(X)$ | Stoffmenge | $\frac{mol}{l}$ | | | | | | | | | | | | |
| $V_{Lösung}$ | Volumen | mol | | | | | | | | | | | | |
| | | l | | | | | | | | | | | | |
| sehr kleiner Abstand regelmässig schwer teilbar schwer verformbar | <table border="1"> <tr> <td></td> <td>amorphe</td> <td>Flüssigkristalline</td> </tr> <tr> <td>Struktur:</td> <td>nicht regelmässig</td> <td>regelmässig</td> </tr> <tr> <td>Profil:</td> <td>isotrop</td> <td>anisotrop</td> </tr> <tr> <td>Beispiel:</td> <td>Glas</td> <td>Kunststoffe</td> </tr> </table> | | amorphe | Flüssigkristalline | Struktur: | nicht regelmässig | regelmässig | Profil: | isotrop | anisotrop | Beispiel: | Glas | Kunststoffe | |
| | amorphe | Flüssigkristalline | | | | | | | | | | | | |
| Struktur: | nicht regelmässig | regelmässig | | | | | | | | | | | | |
| Profil: | isotrop | anisotrop | | | | | | | | | | | | |
| Beispiel: | Glas | Kunststoffe | | | | | | | | | | | | |
| Lösung: Homogene Mischung von Stoffen in einem Lösungsmittel Löslichkeit abhängig von Wechselwirkungen | Masseanteil $w(X)$ $w(X) = \frac{m(X)}{\sum m_i}$ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>$m(X)$</td> <td>Masse von X</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>$\sum m_i$</td> <td>Gesamtmasse</td> <td>kg</td> </tr> </table> | $m(X)$ | Masse von X | kg | $\sum m_i$ | Gesamtmasse | kg | - | | | | | | |
| $m(X)$ | Masse von X | kg | | | | | | | | | | | | |
| $\sum m_i$ | Gesamtmasse | kg | | | | | | | | | | | | |

Temperatur steigend → Grösserer Teilchenabstand → Kleinere Kräfte → idealeres Verhalten
 Druck senkend

Chemische Reaktionen

Thermodynamik

| $\Delta G = \Delta H - T * \Delta S$ $\Delta S = \Delta Q/T$ | | | Elemente | Verbindungen | Phasenübergänge |
|--|---|----------------------|----------|--------------|-----------------|
| ΔG | Freie Enthalpie, Triebkraft einer Reaktion | $\frac{kJ}{mol}$ | 0 | Tabelle | 0 |
| ΔH | Enthalpie, Wärmehaushalt Energie, System ↔ Umwelt | $\frac{kJ}{mol}$ | 0 | Tabelle | Tabelle |
| ΔS | Entropie, Unordnung, mehr Teilchen, mehr Ordnung | $\frac{kJ}{mol * K}$ | 0 | 0 | wird grösser |
| ΔQ | Wärme | $\frac{kJ}{mol}$ | | | |
| T | Temperatur | K | | | |

Freie Enthalpie

| $\Delta G < 0; K > 1$ | $\Delta G \approx 0; K = 1$ | $\Delta G > 0; K < 1$ |
|--|--|--|
| <p>ΔG negativ</p> <p>spontan ablaufender Prozess nach Überwinden von E_A ablaufend</p> | <p>$\Delta H = T * \Delta S$</p> <p>Reaktion erreicht Gleichgewicht</p> | <p>Aktivierungsenergie E_A</p> <p>ΔG positiv</p> <p>durch dauernde Energiezufuhr ΔG laufend durch dauernde Energiezufuhr E_A laufend</p> |

Berechnung

| | < 0 | > 0 |
|--|---|--|
| $\Delta G = \sum(n * \Delta G_f \text{Produkte}) - \sum(n * \Delta G_f \text{Edukte})$ | läuft ab | läuft nicht ab |
| $\Delta H = \sum(n * \Delta H_f \text{Produkte}) - \sum(n * \Delta H_f \text{Edukte})$ | exotherm System gibt Energie ab | endotherm System nimmt Energie auf |
| $\Delta S = \sum(n * \Delta S \text{Produkte}) - \sum(n * \Delta S \text{Edukte})$ | mehr Ordnung, kleinere Unordnung | weniger Ordnung, grössere Unordnung |
| $-T * \Delta S = \Delta G - \Delta H$ | entropiegesteuert | enthalpiegesteuert |

Kinetik

Reaktionsgeschwindigkeit v

| 0. Ordnung | 1. Ordnung | 2. Ordnung | |
|--|--|---|-------------------------------------|
| | | 1. Typ $A \rightarrow B$ | 2. Typ $A + B \rightarrow C + D$ |
| $v(t) = -\frac{\Delta c(A,t)}{\Delta t} = \text{konstant}$ $v(t) \text{ unabhängig von } c(A)$ | $v(t) = -\frac{\Delta c(A,t)}{\Delta t} = k * c(A,t)$ $v(t) \text{ proportional zu } c(A,t)$ | $v(t) = -\frac{\Delta c(A,t)}{\Delta t}$ $= k * c(A,t)^2 \quad = k * c(A,t) * c(B,t)$ $= k' * c(A,t)$ | |
| $c(A,t) = c_0(A) - k * t$ | $c(A,t) = c_0(A) * e^{-k*t}$ | Reduktion auf 1. Ordnung | |
| Abbau des Alkohols im Blut | Zerfall radioaktiver Isotopen | Additionen, Kondensationen | |

Aktivierungsenergie E_A

| Funktion | Aufbrechen von chem. Verbindungen; Bildung von Zwischenprodukten | | | | |
|--|--|---------------------------|---------------------------|--|-------------------------------|
| $k = A * e^{-\frac{E_A}{R*T}}$ $E_A = \frac{R * \ln \frac{k(T_1)}{k(T_2)}}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}$ $T_1 > T_2$ | E_A | Aktivierungsenergie | $\frac{J}{mol}$ | 60 – 250 $\frac{kJ}{mol}$ < 60 $\frac{kJ}{mol}$ | nachhelfen selbstablaufend |
| | k | Geschwindigkeitskonstante | s^{-1} | | |
| | A | Aktivierungsfaktor | | | |
| | R | universelle Gaskonstante | 8.314 $\frac{J}{mol * K}$ | | |
| | T | Reaktionstemperatur | K | pro 10°C → doppelte Geschwindigkeit | |

Katalyse

| Katalysator | Inhibitor/Stabilisator |
|--|---|
| beschleunigen die Reaktion, vermindert die Aktivierungsenergie, werden nicht verbraucht, verändert chem. Gleichgewicht nicht | verzögert die Reaktion erhöht die Aktivierungsenergie |
| heterogene Katalyse | homogene Katalyse |
| min. 2-phasige Lösungen | einphasige Lösungen |
| Autoabgaskatalysator, Polymerisation | Alkoholabbau im Körper |

Chemisches Gleichgewicht (reversible(=umkehrbar) Reaktionen)

| | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------------|
| Gleichgewicht | $A(g) \leftrightarrow B(g)$ | Ein chemisches Gleichgewicht stellt sich ein! Dauer ist abhängig von: Reaktionsgeschwindigkeit $k(\rightarrow), k(\leftarrow)$ Konzentrationen $c(A)$ und $c(B)$ | E_A Temperatur T und Druck p |
| Gleichgewichtskonstante | $K = \frac{c(B)}{c(A)}$ | | |

Änderungen

| Hinreaktion | Änderung | Gleichgewicht verschiebt sich zu |
|---------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| exotherm | Temperaturerhöhung | -> Edukte |
| mehr Gasteilchen (Volumenteile) | Druckerhöhung | -> Edukte |

Massenwirkungsgesetz MWG

| allgemeine Reaktion | $\alpha A + \beta B \leftrightarrow \gamma C + \delta D$ | Konzentration von Feststoffen = 1 | | |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------|---|
| Gleichgewichtskonstante | für Lösungen $K = \frac{c(C)^\gamma * c(D)^\delta}{c(A)^\alpha * c(B)^\beta}$ | K | Gleichgewichtskonstante | $[K] = \left(\frac{mol}{l}\right)^x, (bar)^x$ |
| | für Gasmischungen $K = \frac{p(C)^\gamma * p(D)^\delta}{p(A)^\alpha * p(B)^\beta}$ | c | Konzentration | $[c] = \frac{mol}{L}$ |
| | | $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ | Koeffizienten | $[\alpha, \beta, \gamma, \delta] = ()$ |
| | | | p | Partialdruck |
| Zusammenhang von K und ΔG | $K = e^{-\frac{\Delta G}{R*T}}$ | K bleibt | Konzentration | |
| | | K variiert | Temperatur, Druck | |

Chemie wässriger Lösungen

Lösevermögen von Wasser gegenüber Salzen

| | | | |
|--|---|----------------------------|---|
| 1. Aufbrechen des Kristallgitters 2. Wechselwirkung | Lösungswärme $\left[\frac{kJ}{mol}\right] = \Delta H_L =$ | Gitterenergie ΔH_G | + Hydratationsenthalpie $+ \Delta H_{Hydr}$ |
|--|---|----------------------------|---|

Löslichkeitsprodukt K_L von Salzen

| | | |
|---|---|--|
| $AB \rightarrow A + B$ | $c(\text{gelöst } A_m B_n) = c(A) = c(B)$ | Massekonzentration $m(X)$ pro L Löslichkeit $\left[\frac{g}{L}\right] = c(X) * Mw(X)$ |
| $K_L = c(A)^m * c(B)^n = e^{-\frac{\Delta G}{R*T}}$ | $c(M_m X_n \text{ gelöst}) = \sqrt[m+n]{\frac{K_L}{m^m * n^n}}$ | |

Komplexverbindungen

| | | | |
|--|---|--------------|------------------------------------|
| | Zentralatom, -ion | Zn | meist Metall, positiv geladen |
| | Liganden | OH | meist Nichtmetall, negativ geladen |
| | Koordinationsstruktur | tetraedrisch | geometrische Umgebung |
| | Koordinationszahl | 6 | Anzahl verbundene Atome/Ionen |
| | Anlagerungskomplexe (Komplexe mit starke zwischenmolekulare Kräfte) | | |

- Hydratisierung $CoCl_2 + 6H_2O \rightarrow [Co(H_2O)_6] + Cl_2$
- Ligandaustausch $[Co(H_2O)_6] + 4NH_3 \leftrightarrow [Co(H_2O)_2_4NH_3] + 4(H_2O)$

Chelatliganden (können sich an mehreren Koordinationsstellen anbinden)

z.B. $EDTA^4$ (Ethyldiamin-tetraacetat); Hämoglobin (roter Blutfarbstoff)

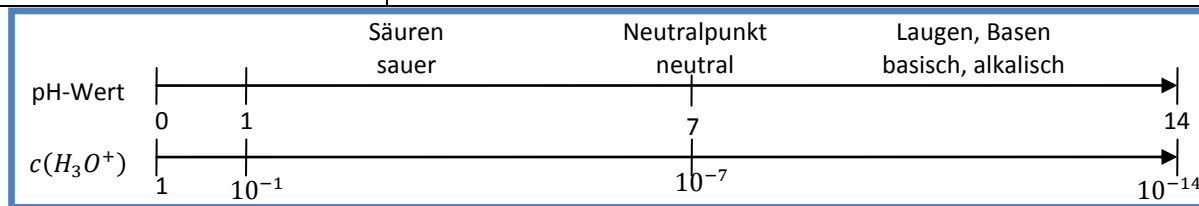
Eigenschaften: verdrängt einfach gebundener Ligand vollständig, extrem stabil

Säuren und Basen

| Säuren | Basen |
|---|---|
| Protonendonatoren, polare H-X-Bindung | Protonenakzeptoren, freie Elektronenpaare |
| $HA + H_2O \leftrightarrow A^- + H_3O^+$ Säure + (Base) \leftrightarrow konj. Base + konj. Säure | $B + H_2O \leftrightarrow HB^+ + OH^-$ Base + (Säure) \leftrightarrow konj. Säure + konj. Base |
| Ampholyt: sowohl Säure als auch Base z.B. Wasser | |

Stärke von Säuren und Basen

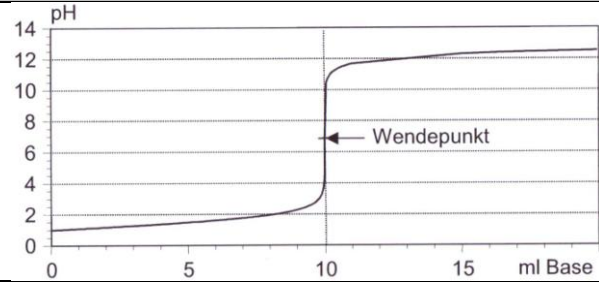
| | |
|--|--|
| $K_s = \frac{c(H_3O^+) * c(A^-)}{c(HA)}$ $pK_s = -\log K_s$ | <p>Säurenstärke</p> |
| | <p>Basenstärke</p> |
| | $pK_w = pK_s + pK_b = 14$ $pH = pK_w (= 14) - pOH$ $c(H_3O^+) = 10^{-pH} \left[\frac{mol}{L}\right]$ |
| $K_b = \frac{c(OH^-) * c(HB^+)}{c(B)}$ $pK_b = -\log K_b$ | |



Ampholyt Wasser

| | | |
|--|-------------------------|---|
| $H_2O + H_2O \leftrightarrow OH^- + H_3O^+$ Säure + (Base) \leftrightarrow konj. Base + konj. Säure | | |
| $K_w = c(H_3O^+) * c(OH^-) = 10^{-14} \frac{mol^2}{l^2}$ | $pK_w = -\log K_w = 14$ | $c(H_3O^+) = c(OH^-) = 10^{-7} \frac{mol}{l}$ |

pH-Titration (Tröpfchen für Tröpfchen)



Wendepunkt: Rasanter Sprung bei pH 7
Puffer
 Säure/Base Lösung, die der pH Wert kaum verändert.
 z.B. Hahnenwasser, Körperflüssigkeiten

$$HA + H_2O \leftrightarrow A^- + H_3O^+$$

Säure + (Base) \leftrightarrow konj. Base + konj. Säure

$$pH = pK_S + \log \frac{c(A^-)}{c(HA)}$$

Redox-Reaktionen

| Vorgang | Frühere Definition | Heutige Definition | Beispiele |
|-----------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Oxidation | Aufnahme von Sauerstoff | Elektronen-Abgabe | $Na \rightarrow Na^+ + e^-$ |
| Reduktion | Abgabe von Sauerstoff | Elektronen-Aufnahme | $Cu^+ + e^- \rightarrow Cu^0$ |

Redoxvorgang = gekoppelte Oxidation und Reduktion (= Elektronenübertragungsreaktionen)

| | Reduktionsmittel Oxidationsmittel | Formale Trennung in Halbreaktionen | Magnesium verbrennt mit einer weissen Flamme |
|------------|--------------------------------------|---|--|
| (1) | Oxidation | $A^m \rightarrow A^{(m+x)} + xe^-$ | $2Mg \rightarrow 2Mg^{2+} + 4e^-$ |
| (2) | Reduktion | $B^n + xe^- \rightarrow B^{(n-x)}$ | $O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$ |
| Redox-Paar | Redoxreaktion | $A^m + B^n \leftrightarrow A^{(m+x)} + B^{(n-x)}$ | $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$ |

| Oxidationszahlen (EN-negativeres Ion bezieht e^-) | reale | arabische Ziffern | Ca^{2+} | [1 + , 2 -] |
|---|-------------|-------------------|------------------|------------------------------|
| | zugeordnete | | römische Ziffern | $(Cr_2^{+VI}O_7^{-II})^{2-}$ |

Ladungserhalt, Masseerhalt Gleiche Ladung und Masse auf beiden Seiten der Reaktion

Einzeichnen

$$2H_2^0 + O_2^0 \rightarrow 2H_2^{+I}O^{-II}$$

$2(+2e^-)$ Reduktion
 $4(-1e^-)$ Oxidation

| | | |
|-------------------|-------|-------------------|
| Oxidationsmittel: | O_2 | (läuft Reduktion) |
| Reduktionsmittel: | H_2 | (läuft Oxidation) |

Sprengstoffe

| | |
|--|--|
| Eigenschaften rasch zersetzen Wärme freigeben erhebliche Gasmengen produzieren Brennstoff und Sauerstoff zusammen | |
|--|--|

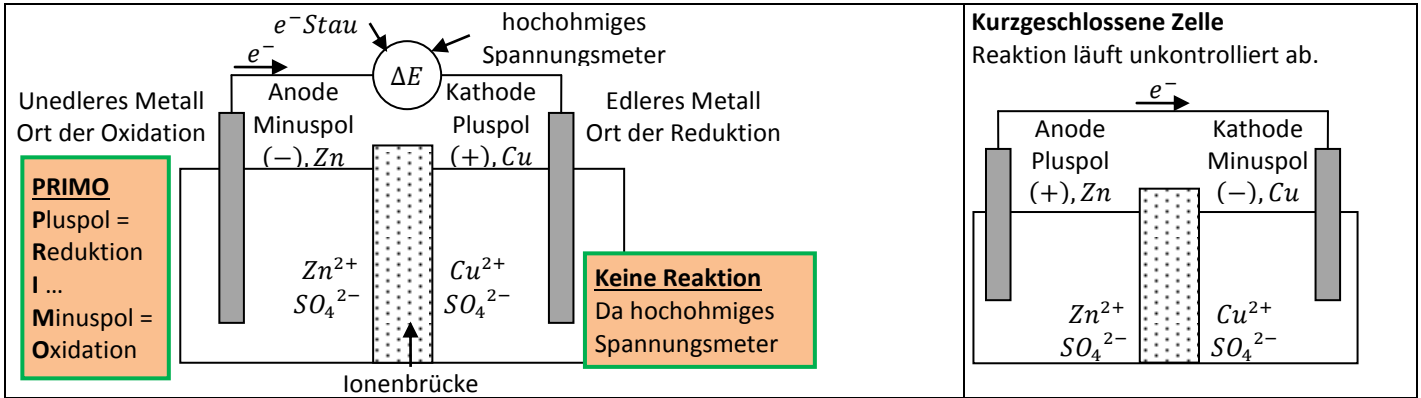
Sprengstoffe

| | | |
|----------------------|---|---|
| Ammoniumnitrat | $(NH_4)(NO_3)$ | <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturentwicklung gering • Mischung mit ca. 10% Heizöl |
| Nitroglycerin | $C_3H_5(NO_3)_3$ | <ul style="list-style-type: none"> • flüssig • extrem reibungs- und schlagempfindlich |
| Trinitrotoluol (TNT) | $C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3$ | <ul style="list-style-type: none"> • Festkörper • handhabungssicher, stossunempfindlich |
| Schwarzpulver | 75% Kaliumnitrat KNO_3 10% Schwefel, 15% Kohle | <ul style="list-style-type: none"> • hohe Zündempfindlichkeit • günstig |

Unedle und edle Metalle

Ein Metall ist umso edler, je schwerer das Metall seine e^- abgibt, je leichter seine Kationen e^- aufnehmen

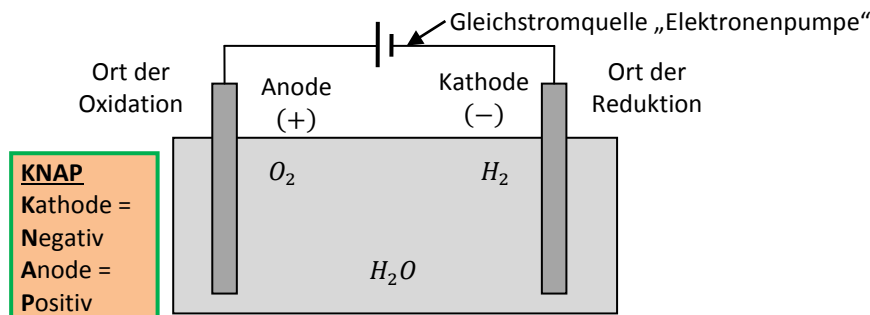
Daniell-Element



| | | |
|----------------------------------|---|-------------------------------------|
| Oxidation | $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ | $E^0_{Ox} = 0.763$ |
| Reduktion | $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ | $E^0_{Red} = 0.337$ |
| Redoxreaktion | $Zn + Cu^{2+} \leftrightarrow Zn^{2+} + Cu$ | $\Delta E^0 = E^0_{Red} + E^0_{Ox}$ |
| $\Delta G = -n * F * \Delta E^0$ | $= -2 * 96500 \frac{As}{mol} * 1.097V$ | $= -212 \frac{kJ}{mol}$ |

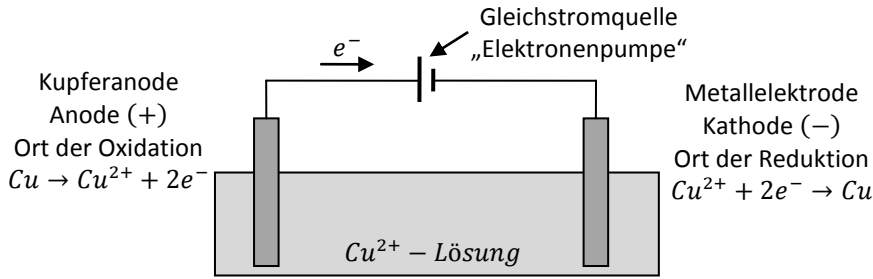
| | | | |
|---|--------------|--|------------------------|
| $\Delta G = -n * F * \Delta E^0$ $\Delta E = \Delta E^0 - \frac{R * T}{n * F} * \ln(K^*)$ $\Delta E = \Delta E^0 - \frac{0.059V}{n} * \log(K^*)$ $K^* = \frac{c(C)^{\gamma} * c(D)^{\delta}}{c(A)^{\alpha} * c(B)^{\beta}}$ | ΔG | freie Enthalpie | $\frac{kJ}{mol}$ |
| | n | Anzahl übertragener e^- | |
| | F | Faraday-Konstante | $96'500 \frac{C}{mol}$ |
| | ΔE^0 | Potentialdifferenz bei Standardbedingungen | V |
| | K^* | Reaktionsquotient der Redoxreaktion | - |

Elektrolyse (Erzwungene Redox-Reaktion)



| | | |
|----------------------|--|----------------------|
| Oxidation | $4O^{(-II)}H^- \rightarrow O^{(0)}_2 + 2H_2O + 4e^-$ | $E^0_{Ox} = -0.40V$ |
| Reduktion | $4H^{(+I)}_2O + 4e^- \rightarrow 2H^{(0)}_2 + 4OH^-$ | $E^0_{Red} = -0.83V$ |
| Redoxreaktion | $2H_2O \leftrightarrow 2H_2 + O_2$ | $\Delta E = -1.23V$ |

Galvanisieren (Abscheidung von Metallen auf leitfähigen Oberflächen)



| | | | |
|---------------------------|-----|---|---------|
| $G = I * t = (n * z) * F$ | G | Ladungsmenge | $A * s$ |
| | n | Abgeschiedene Stoffmenge des Metalls in M | mol |
| | z | Zahl der verschobenen Elektronen | - |

Chemische Reaktionen

| | | | |
|--|---|--|---|
| Reaktionstypen | Löslichkeit | Auflösungsreaktion | $NaCl_{(f)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ |
| | | Fällungsreaktion | $BaCl_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow BaSO_{4(f)} + NaCl_{(aq)}$ |
| | Komplexe | Komplexbildungsreaktion | $CoCl_2 + 6H_2O \rightarrow [Co(H_2O)_6]Cl_2$ |
| | | Ligandaustausch | $[Co(H_2O)_6]Cl_2 + 6NH_3 \rightarrow [Co(NH_3)_6]Cl_2 + 6H_2O$ |
| | Säure-Base-Reaktionen (Proton-Übertragung) | | $HCl + NaOH \rightarrow H_2O + NaCl$ |
| Redox-Reaktion (Elektronen-Übertragung) | | $2Na^{+I}Cl^{-I} \rightarrow 2Na^0 + Cl_2^0$ | |

Korrosion

Definition

Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, meist elektrochemisch

Bedingungen

- Kontaktierung verschiedener edler Metalle mit unterschiedlichem Potential E^0
- lokal unterschiedliche Konzentrationen von metall-kontaktierenden Stoffen, z.B. Sauerstoff

Lokalelemente

Dabei bilden sich in meist wässrigen Lösungen sog. Lokalelemente, kurzgeschlossene Zellen, deren Elektrodenoberflächen sehr klein sind.

Batterien

| | |
|--|--|
| $W_{theor} = U * I * t = \Delta E^0 * n * F$ | $W_{prakt} = \Delta W_{theor} - E_{oe} - E_{os} - E_p$ |
|--|--|

Organische Chemie

Chemie der Kohlenstoffverbindungen, nur Nichtmetalle

Eigenschaften

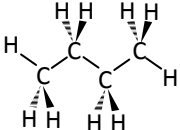

- geringe Wärmebeständigkeit → schwache kovalente Bindungen
- Flüchtigkeit / Geruch, tiefer Schmelz- und Siedepunkt → zwischenmolekulare Kräfte klein
- Brennbarkeit

Gruppen

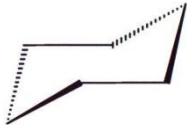
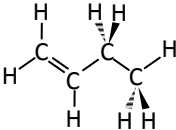
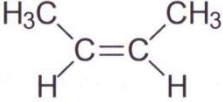
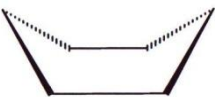
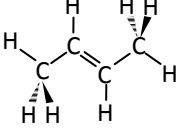
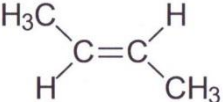
Funktionelle Gruppen

| Alkane | | Benzin, Heizöl | Methan | Ethan | Propan | Butan | Pentan | ... -an |
|---------------------------------|-----------|---|--|---|----------|-------------|-------------|---------------|
| | | | CH_4 | C_2H_6 | C_3H_8 | C_4H_{10} | C_5H_{12} | C_nH_{2n+2} |
| Cyclische Alkane | | | Cyclo-... gute zwischenmolekularen Wechselwirkungen | | | | | |
| Alkene | | Ethylen PE, PP | ...-en Nachweis von C-Doppelbindungen mit Br_2 | | | | | |
| Alkine | | Acetylen | ...-in | | | | | |
| Aromaten | | Benzol, Toluol | | kein C=C-Doppelbindungscharakter instabil: | | | | |
| Halogenierte Kohlenwasserstoffe | | Chloroform FCKW PVC, PTFE | ursprünglich wirksam gegen Insekten langsam biologisch abbaubar, zerstören Stratosphäre Substitutionsreaktion: Austausch eines H-Atoms | | | | | |
| Ether | | Diethyleter | | | | | | |
| Alkohole (wasserlöslich) | | Ethanol | H-Brücken Reaktivität gegenüber Oxidationsmittel | | | | | |
| Aldehyde | | Riechstoffe: z.B. Zimtaldehyd | Ausgangsstoff für Phenol-Formaldehyd-Harte PF Monomer von Polyoxymethylen POM | | | | | |
| Ketone (Carbonyle) | | Aceton Methyl-Ethyl-Keton Cyclohexanon | Bedeutung als Lösungsmittel | | | | | |
| Carbonsäuren (wasserlöslich) | | Ameisensäure, Essigsäure, Zitronensäure | schwache Säuren | | | | | |
| Ester | | Essigsäure-ethylester | Veresterung: Kondensation, Herstellung von KS | | | | | |
| Amine (wasserlöslich) | | Ammoniak Methylamin 1.6-Diaminohexan | Fisch-Geschmack Basen, können Protonen aufnehmen es müssen nicht unbedingt H am N sein | | | | | |
| Aminosäuren | | | asymmetrische C-Atome → chiral | | | Zwitterion: | | |
| Amide | | Polyamid, Proteine | Herstellung von synthetischen Polyamiden Ausbildung von Proteine | | | | | |
| Isocyanate | $R-N=C=O$ | | Ausgangsstoff für Polyurethan | | | | | |
| Nitrile | $R-C≡N$ | Polyacrylnitril | | | | | | |

Modelle

| Molekülformel Summenformel | Konstitutionsformel | Strukturformel Valenzstrichformel | Strukturformel räumlich Keilstrichformel | Kurzschreibweise |
|-------------------------------|---------------------|--|--|--|
| C_4H_{10} | $CH_3CH_2CH_2CH_3$ | <pre> H H H H H-C-C-C-C-H H H H H </pre> |  | C als Punkt ohne H  |

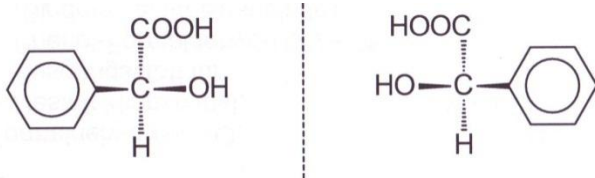
Isomere

| Konformations-Isomere | Konstitutions-Isomere | Konfigurations-Isomere cis-trans Isomere |
|---|--|--|
| Sesselform  | 1-Buten  | cis-2-Buten  |
| Wanneform  | 2-Buten  | trans-2-Buten  |

Chiralität (optische Aktivität)

=Molekül, das mit seinem Spiegelbild nicht zur Deckung gebracht werden kann.

C-Atom mit 4 unterschiedlichen Substitutionen

**Reaktionstypen**

| | | |
|---------------------|--|--|
| Addition | 2 Stoffe reagieren zu einem neuen Stoff | $A + B \rightarrow AB$ |
| Substitution | Austausch eines Substituenten | $AS + BT \rightarrow AT + BS$ |
| Elimination | Abspaltung eines Moleküls | $AB \rightarrow A + B$ |
| Kondensation | 2 Stoffe reagieren unter Bildung eines leichtflüssigen Stoffes, meist Wasser | $Carbonsäure + Alkohol \rightarrow \dots + Wasser$ |